



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

10/532313
PCT/CH 03 / 00681 #2
Rec'd PCTO 22 APR 2005
Office européen
des brevets

REC'D 27 OCT 2003

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02405909.9

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

BEST AVAILABLE COPY



Anmeldung Nr.:
Application no.: 02405909.9
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 23.10.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

ABB Schweiz AG
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden
SUISSE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Verfahren zur Herstellung eines Stufenprofils aus einer Schichtfolge

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H01L/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

Verfahren zur Herstellung eines Stufenprofils aus einer Schichtfolge

5

BESCHREIBUNG

10 Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Halbleiterprozesstechnik. Sie betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Stufenprofils aus einer Schichtfolge nach dem Oberbegriff des ersten Patentanspruches.

15

Stand der Technik

Um eine Strukturierung von auf Halbleitern aufgetragenen metallischen Schichten vorzunehmen, wird in mehreren aufeinanderfolgenden Strukturierungsschritten meist eine Vielzahl bekannter Techniken eingesetzt. Häufig wird dabei zunächst ein Photolack als Schutzschicht auf eine metallische Schicht oder eine metallische Schichtfolge aufgebracht. Eine resultierende erste Photolack-Schicht wird anschliessend durch eine erste Belichtungs-
20 maske hindurch belichtet. Anschliessend kann, je nach Beschaffenheit des Photolacks, entweder ein belichteter oder ein unbelichteter Bereich der Photolack-Schicht entfernt werden, so
25 dass der unbelichtete oder der belichtete Bereich zurückbleibt.

In einem oder mehreren Strukturierungsschritten wird dann die metallische Schicht oder Schichtfolge geätzt. Verschiedene Ätzverfahren stehen dabei zur Verfügung: Ätzen in wässriger Lösung, Trockenätzen, reaktives Ionenätzen oder eine Kombination dieser Verfahren. Der verbliebene Bereich der Photolack-Schicht verhindert oder verzögert dabei ein Ätzen unter ihm liegender Regionen der metallischen Schicht oder Schichtfolge.

Dabei kann ein nicht unerheblicher Gesamtaufwand resultieren, insbesondere wenn eine komplexe Strukturierung vorgenommen werden muss und/oder eine Schichtfolge geätzt werden muss, die aus einer Vielzahl von Einzelschichten besteht. In solchen Fällen erhöht sich die Anzahl der notwendigen Strukturierungsschritte, wobei häufig für verschiedene Strukturierungsschritte unterschiedliche Ätzverfahren oder zumindest unterschiedliche Ätzmittel benötigt werden. Zum Teil müssen dabei auch zwischen zwei Strukturierungsschritten nochmals ein oder mehrere weitere Photolack-Schichten aufgebracht, durch weitere Belichtungsmasken hindurch belichtet und belichtete oder unbelichtete Bereiche der weiteren Photolack-Schichten entfernt werden.

Bei einer Verwendung mehrerer Masken wird der Gesamtprozess jedoch zunehmend ungenau, insbesondere aufgrund von Ausrichtungsproblemen bei einem Positionieren der Belichtungsmasken.

Ein Anwendungsbeispiel für die Strukturierung von Schichtfolgen ist eine Aufbringung von Elektroden auf Halbleiterchips, insbesondere für Halbleiterchips, die in druckkontaktierbaren Leistungshalbleitermodulen mit nicht hermetisch abgeschlossenem Modulgehäuse eingesetzt werden. Solche Halbleiterchips umfassen zur elektrischen Kontaktierung vorteilhaft eine Schichtfolge aus Ti, Ni und Ag, wobei eine Ti-Schicht am nächsten beim Halbleiterchip gelegen ist. Abhängig von einer internen Struktur des Halbleiterchips und einem Herstellungsprozess muss diese Schichtfolge an verschiedenen Stellen strukturiert werden, beispielsweise in einem Bereich zwischen einer Hauptelektrode und

einer Gateelektrode. Typische Strukturgrößen sind dabei im Allgemeinen kleiner als 0.5mm.

Bei der Strukturierung der Ti/Ni/Ag-Schichtfolge mittels Ätzen ist darauf zu achten, dass sich keine unterätzten Bereiche ausbilden, da in solchen beim Herstellungsprozess oder einem Betrieb der Halbleiterchips sich Verschmutzungen und/oder Ablagerungen ausbilden können, die schwierig zu entfernen sind, aber ein Betriebsverhalten der Halbleiterchips negativ beeinflussen können oder gar zu deren Zerstörung führen können.

10

Darstellung der Erfindung

Es ist somit Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, welches mit möglichst wenigen Strukturierungsschritten auskommt, wobei zwischen den Strukturierungsschritten kein Aufbringen von Schutzschichten erforderlich ist.

Diese und weitere Aufgaben werden durch ein Verfahren zur Bildung eines Stufenprofils aus einer Schichtfolge mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs gelöst. Dabei wird in einem ersten, zweiten bzw. dritten Strukturierungsschritt eine erste, zweite bzw. dritte Schichtteilfolge jeweils partiell, d.h. bis auf eine erste, zweite bzw. dritte Restschichtteilfolge, entfernt. Im zweiten bzw. dritten Strukturierungsschritt geschieht dies unter Einwirkung eines zweiten bzw. dritten Ätzmittels. Erfindungsgemäss wird dabei im zweiten Strukturierungsschritt die erste Restschichtteilfolge unterätzt, d.h. ein unter ihr liegender Bereich der zweiten Schichtteilfolge wird entfernt. Ein dabei sich bildender erster Vorsprung der ersten Restschichtteilfolge wird im dritten Strukturierungsschritt wieder entfernt, um das gewünschte Stufenprofil zu erhalten.

In einer bevorzugten Variante des Verfahrens wird dabei im ersten Strukturierungsschritt ein erstes Ätzmittel verwendet, wel-

ches vorzugsweise dem im dritten Strukturierungsschritt verwendeten dritten Ätzmittel chemisch im wesentlichen identisch ist. Vorteilhaft kann dabei für den ersten und dritten Strukturierungsschritt ein identisches Ätzbad verwendet werden, was die
5 Komplexität des Verfahrens weiter reduziert und eine wirtschaftlichere und umweltfreundlichere Durchführung des Verfahrens erlaubt.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben, wobei Vorteile und Merkmale
10 aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung bevorzugter Varianten der Erfindung in Verbindung mit der Zeichnung offensichtlich werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

15 Fig. 1 zeigt ein Ausgangsprodukt für das erfindungsgemäße Verfahren.

Fig. 2 zeigt ein aus dem ersten Strukturierungsschritt resultierendes erstes Zwischenprodukt.

20 Fig. 3 zeigt ein aus dem zweiten Strukturierungsschritt resultierendes zweites Zwischenprodukt.

Fig. 4 zeigt ein aus dem dritten Strukturierungsschritt resultierendes Endprodukt.

25 Fig. 5 zeigt einen Halbleiterchip mit einem nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gebildeten Stufenprofil nach Entfernen einer Photolack-Schicht.

Die in den Zeichnungen verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezugszeichenliste zusammengefasst. Grundsätzlich bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Teile.

Wege zur Ausführung der Erfindung

Fig. 1 zeigt ein Ausgangsprodukt für das erfindungsgemäße Verfahren, umfassend eine auf einem Halbleiterchip 1 aufgebrachte Schichtfolge 2 aus einer Ag-Schicht 21 als erster Schichtteilfolge, einer Ni-Schicht 22 als zweiter Schichtteilfolge und einer Ti-Schicht 23 als dritter Schichtteilfolge. Eine erste Dicke d_1 der Ag-Schicht 21 beträgt vorzugsweise einige Mikrometer, eine zweite Dicke d_2 der Ni-Schicht 22 und eine dritte Dicke d_3 der Ti-Schicht 23 betragen vorzugsweise je einige Zehntel Mikrometer. Ein Teil der Ag-Schicht 21 ist von einer Photolack-Schicht 3 als Schutzschicht bedeckt.

Um ein Stufenprofil in der Schichtfolge 2 zu bilden, wird zunächst in einem ersten Strukturierungsschritt die Ag-Schicht 21 mit einer chemischen Lösung aus Wasserstoffperoxid (H_2O_2), Ammoniumhydroxid (NH_4OH) und Wasser (H_2O) als erstem Ätzmittel geätzt. Vorzugsweise wird als erstes Ätzmittel eine Lösung verwendet, in welcher H_2O_2 , NH_4OH , und H_2O in einem Volumenverhältnis von $H_2O_2:NH_4OH:H_2O = 1:x:y$ vorliegen, wobei vorzugsweise $0.5 < x < 2.0$ und $4.0 < y < 10.0$ gewählt wird. Vorzugsweise erfolgt der erste Strukturierungsschritt in bei einer Temperatur T_1 , vorzugsweise mit $10^\circ C < T_1 < 30^\circ C$, während einer Zeit von einigen Minuten bis wenigen zehn Minuten, vorteilhaft in einem ersten Ätzbad. Vorzugsweise wird dabei die Photolackschicht 3 unterätzt, so dass ein zweiter Vorsprung in der Photolackschicht 3 entsteht, der eine Tiefe t_1 aufweist, wobei vorzugsweise so weit unterätzt wird, dass $t_1 > d_1$ wird. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass die Ag-Schicht 21 dort, wo sie nicht von Photolack bedeckt ist, vollständig und rückstandsfrei entfernt wird. Die Ni-Schicht 22 wird dabei im ersten Strukturierungsschritt im wesentlichen nicht angegriffen. Ein aus dem ersten Strukturierungsschritt resultierendes erstes Zwischen-

produkt mit einer Ag-Restschicht 211 als erster Restschicht-teilfolge ist in Fig. 2 zu sehen.

In einem zweiten Strukturierungsschritt wird, ausgehend vom ersten Zwischenprodukt aus Fig. 3, die Ni-Schicht 22 mit einer wässrigen Lösung von Salpetersäure (HNO_3) als zweitem Ätzmittel geätzt, so dass nur eine Ni-Restschicht 221 verbleibt. Für das Volumenverhältnis von $\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O} = 1:z$ wird vorzugsweise $2.0 < z < 8.0$ gewählt. Der zweite Strukturierungsschritt erfolgt bei einer Temperatur T_2 , vorzugsweise mit $30^\circ\text{C} < T_2 < 50^\circ\text{C}$, vorzugsweise während weniger zehn Minuten. Dabei wird ein unter der Ag-Restschicht 211 liegender Bereich der Ni-Schicht 22 entfernt, so dass ein erster Vorsprung der Ag-Restschicht 211 entsteht, der eine Tiefe t_2 aufweist. Ein nach dem zweiten Strukturierungsschritt resultierendes zweites Zwischenprodukt ist in Fig. 3 zu sehen.

In einem dritten Strukturierungsschritt wird, ausgehend vom zweiten Zwischenprodukt aus Fig. 2, die Ti-Schicht 23 geätzt. Als drittes Ätzmittel wird dabei wiederum eine chemische Lösung aus Wasserstoffperoxid (H_2O_2), Ammoniumhydroxid (NH_4OH) und Wasser (H_2O) verwendet, die vorzugsweise im gleichen Volumenverhältnis vorliegen wie im ersten Ätzmittel. Vorteilhaft kann der dritte Strukturierungsschritt im ersten Ätzbad erfolgen. Die Ag-Restschicht 211 wird dabei gleichzeitig mit der Ti-Schicht zu einer Ag-Endschicht 212 geätzt, so dass der erste Vorsprung aufgelöst wird, die Ni-Schicht 22 überätzt wird, und sich schliesslich das gewünschte Stufenprofil ausbildet. Dabei wirkt zunächst der erste Vorsprung als eine chemische Maske, welche verhindert, dass ein unter dem ersten Vorsprung liegender Bereich der Ti-Schicht 22 durch das dritte Ätzmittel aufgelöst wird oder welche ein solches Auflösen zumindest stark verlangsamt. Nachdem der erste Vorsprung aufgelöst wurde, wirkt die Ni-Restschicht 221, die vom dritten Ätzmittel nicht angegriffen wird, als herkömmliche Maske für die Ti-Schicht 23. Da

Ti vom dritten Ätzmittel signifikant langsamer geätzt wird als Ag, wird ein Unterätzen, d.h. eine Ausbildung eines dritten Vorsprungs der Ni-Restschicht 221, wirkungsvoll verhindert. Fig. 4 zeigt ein aus dem dritten Strukturierungsschritt resultierendes drittes Zwischenprodukt des erfindungsgemässen Verfahrens. Vorteilhaft wird schliesslich noch die Photolackschicht 3 entfernt, so dass der in Fig. 5 zu sehende Halbleiterchip 1 mit einem nach dem erfindungsgemässen Verfahren gebildeten Stufenprofil entsteht.

- 10 Das erfindungsgemässe Verfahren kann auch dann vorteilhaft angewendet werden, wenn sich zwischen dem Halbleiterchip 1 und der Schichtfolge 2, in welcher das Stufenprofil gebildet werden soll, ein oder mehrere Zwischenschichten befinden.

Vorteilhaft können auch weitere Strukturierungsschritte vor,
15 nach oder zwischen dem ersten, zweiten und dritten Strukturierungsschritt vorgenommen werden.

Bezugszeichenliste

1	Halbleiterchip
2	Schichtfolge
21	Ag-Schicht, erste Schichtteilfolge
22	Ni-Schicht, zweite Schichtteilfolge
23	Ti-Schicht, dritte Schichtteilfolge
211	Ag-Restschicht
212	Ag-Endschicht
221	Ni-Restschicht
3	Schutzschicht, Photolack-Schicht

PATENTANSPRÜCHE

- 5 1. Verfahren zur Bildung eines Stufenprofils aus einer Schicht-
folge (2), bei welchem
- a) in einem ersten Strukturierungsschritt eine erste Schicht-
teilstufe (21) bis auf eine erste Restschichtteilstufe
(211) entfernt wird,
- 10 b) in einem zweiten Strukturierungsschritt eine unter der
ersten Schichtteilstufe (21) gelegene zweite Schichtteil-
stufe (22) mittels Ätzen mit einem zweiten Ätzmittel par-
tiell entfernt wird,
- 15 c) in einem dritten Strukturierungsschritt eine unter der
zweiten Schichtteilstufe (22) gelegene dritte Schichtteil-
stufe (23) mittels Ätzen mit einem dritten Ätzmittel par-
tiell entfernt wird,
- dadurch gekennzeichnet, dass
- d) im zweiten Strukturierungsschritt ein unter der ersten
20 Restschichtteilstufe (211) liegender Bereich der zweiten
Schichtteilstufe (22) entfernt wird,
- e) im dritten Strukturierungsschritt der erste Vorsprung der
ersten Restschichtteilstufe (211) entfernt wird.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der
zweite und der dritte Strukturierungsschritt in wässriger
Lösung erfolgen.

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Strukturierungsschritt mittels Ätzen mit einem ersten Ätzmittel durchgeführt wird.
- 5 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass für das erste Ätzmittel und für das dritte Ätzmittel eine im wesentlichen identische chemische Zusammensetzung gewählt wird.
- 10 5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im ersten Strukturierungsschritt die erste Schichtteilfolge (21) so weit entfernt wird, dass ein zweiter Vorsprung der Schutzschicht (3) entsteht, der eine Länge t_2 aufweist, die grösser ist als eine Dicke d_1 der ersten Schichtteilfolge (21).
- 15 6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schichtteilfolge (21) im wesentlichen Ag, die zweite Schichtteilfolge (22) im wesentlichen Ni und die dritte Schichtteilfolge (23) im wesentlichen Ti umfasst.
- 20 7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als zweites Ätzmittel eine wässrige Lösung von Salpetersäure, vorzugsweise in einem Verdünnungsverhältnis von 1:z mit $2.0 < z < 8.0$ verwendet wird.
- 25 8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als erstes und drittes Ätzmittel ein Gemisch aus Wasserstoffperoxid, Ammoniumhydroxid und Wasser, vorzugsweise in einem Volumenverhältnis von angenähert
- 30

1:x:y, verwendet wird, wobei $0.5 < x < 2.0$ und $4.0 < y < 10.0$ gewählt wird.

- 5 9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem ersten Strukturierungsschritt eine Schutzschicht (3) auf der ersten Schichtteilfolge (21) vorgesehen wird.

ZUSAMMENFASSUNG

Bei einem Verfahren zur Bildung eines Stufenprofils aus einer Schichtfolge (2) mit einem ersten Strukturierungsschritt, in welchem eine erste Schichtteilfolge (21) bis auf eine erste Restschichtteilfolge (211) entfernt wird, in einem zweiten Strukturierungsschritt, in welchem eine unter der ersten Schichtteilfolge (21) gelegene zweite Schichtteilfolge (22) mittels Ätzen mit einem zweiten Ätzmittel partiell entfernt wird, und einem dritten Strukturierungsschritt, in welchem eine unter der zweiten Schichtteilfolge (22) gelegene dritte Schichtteilfolge (23) mittels Ätzen mit einem dritten Ätzmittel partiell entfernt wird, wird erfindungsgemäss im zweiten Strukturierungsschritt ein unter der ersten Restschichtteilfolge (211) liegender Bereich der zweiten Schichtteilfolge (22) und im dritten Strukturierungsschritt der erste Vorsprung der ersten Restschichtteilfolge (211) entfernt.

(Fig. 3)

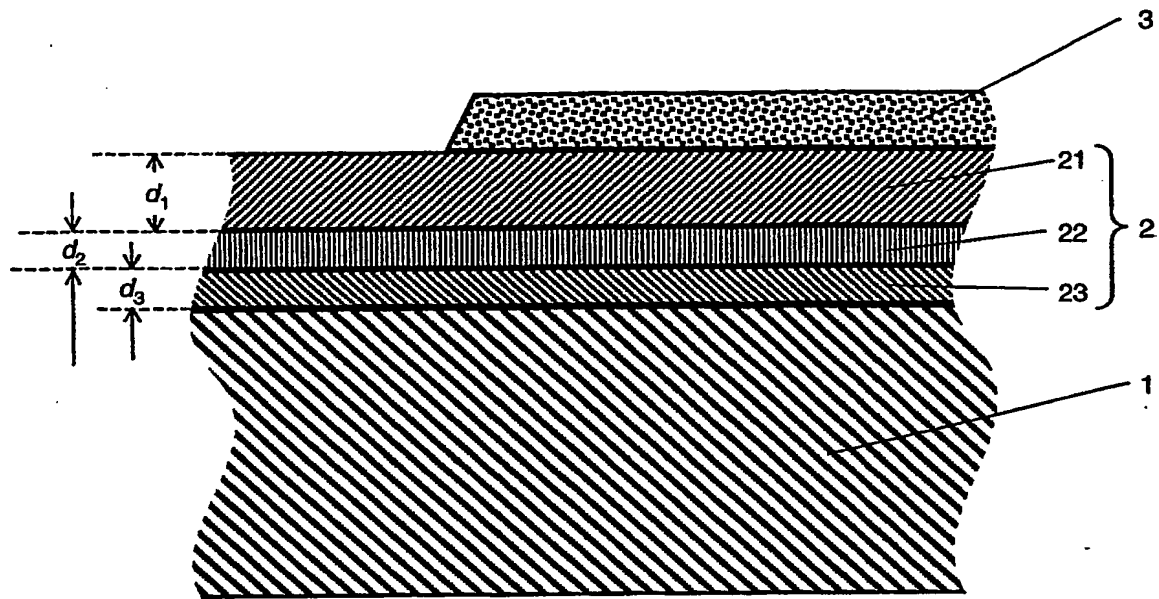


Fig. 1

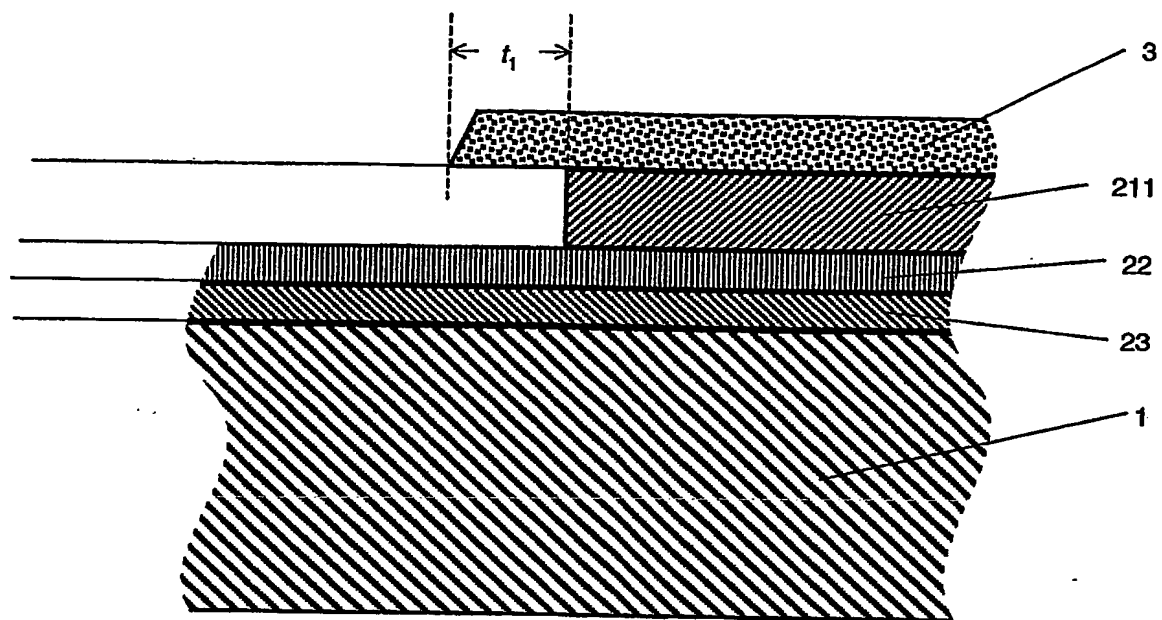


Fig. 2

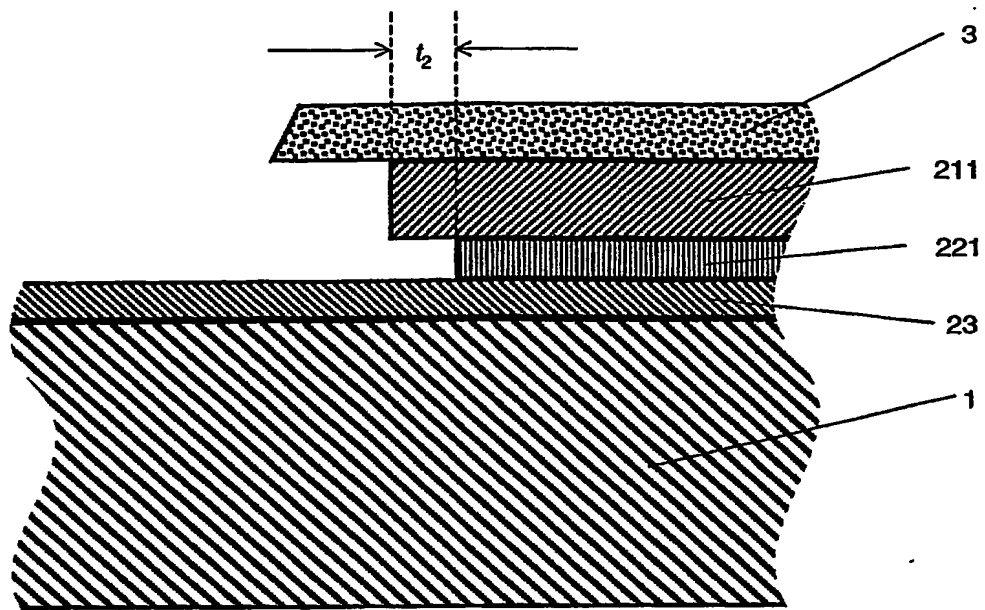


Fig. 3

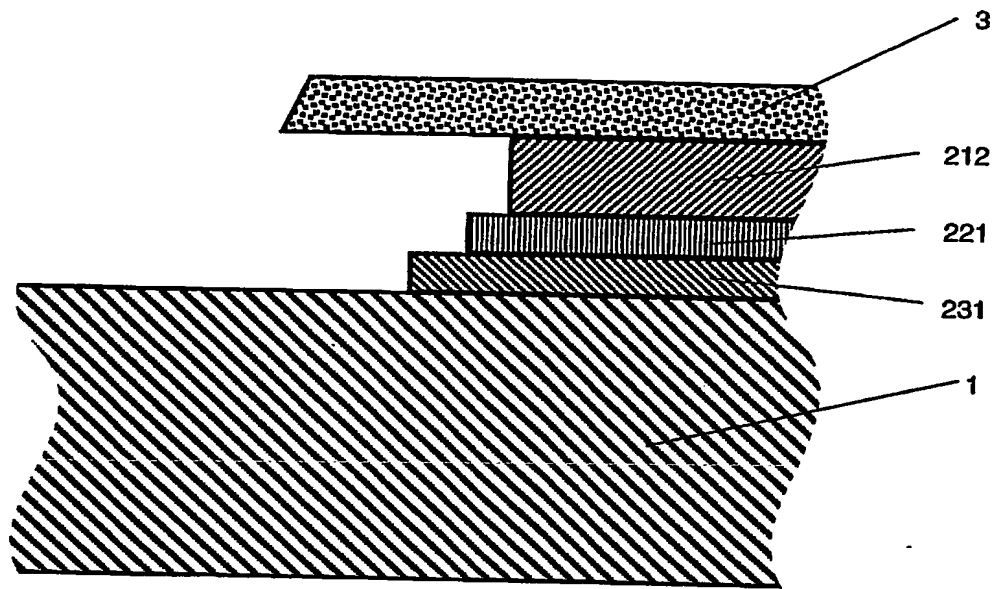


Fig. 4

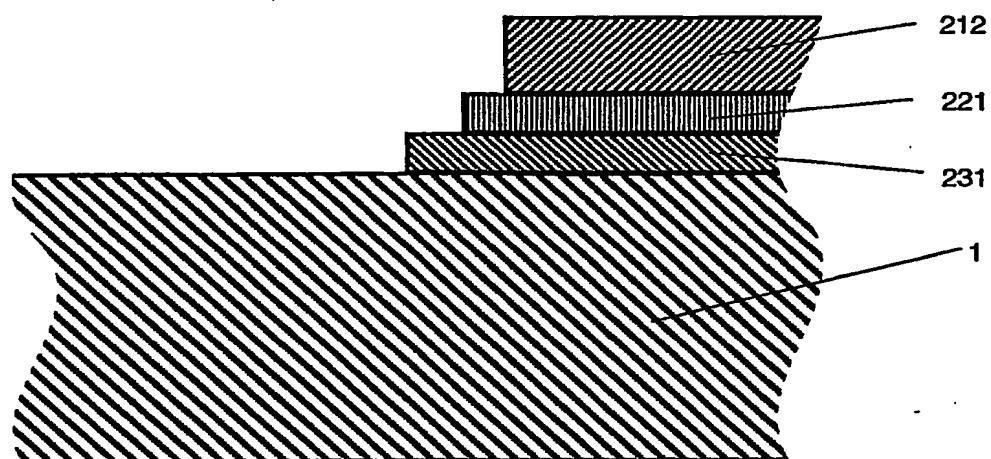


Fig. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.